WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6:

C07C 253/10, 255/07, 7/167, 255/04

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 98/27054

A1

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:

25. Juni 1998 (25.06.98)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/EP97/06900

(22) Internationales Anmeldedatum:

10. Dezember 1997

(10.12.97)

(81) Bestimmungsstaaten: AL, AU, BG, BR, BY, CA, CN, CZ, GE, HU, ID, IL, JP, KR, KZ, LT, LV, MX, NO, NZ, PL, RO, RU, SG, SI, SK, TR, UA, US, eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

(30) Prioritätsdaten:

196 52 273.0

DE 16. Dezember 1996 (16.12.96)

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): BASF AK-TIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; D-67056 Ludwigshafen

(DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FISCHER, Jakob [DE/DE]; Blumenstrasse 19, D-85414 Kirchdorf (DE). SIEGEL, Wolfgang [DE/DE]; Goethestrasse 34b, D-67117 Limburgerhof (DE). MUNDINGER, Klaus [DE/DE]; Schillerstrasse 28, D-67117 Limburgerhof (DE). MEYER, Gerald [DE/DE]; Adolf-Diesterweg-Strasse 75, D-67071 Ludwigshafen (DE).

(74) Anwälte: KINZEBACH, Werner usw.; Reitstötter, Kinzebach & Partner, Postfach 86 06 49, D-81633 München (DE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: MONOOLEFINIC C5-MONONITRILES, METHOD FOR THE PRODUCTION AND THE USE THEREOF

(54) Bezeichnung: MONOOLEFINISCHE C5-MONONITRILE, VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG UND IHRER VERWEN-

(57) Abstract

The present invention relates to a method for producing mixtures of monoolefinic C5-mononitriles with non-conjugated C=C- and C≡N-bonding by catalytic hydrocyanuration of a 1,3-butadiene-containing hydrocarbon mixture, which is characterized in that initially the proportion of those constituents impairing catalytic hydrocyanuration is reduced in the hydrocarbon mixture, and the mixture obtained thereby is subsequently catalytically hydrocyanurated.

(57) Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Gemischen monoolefinischer C5-Mononitrile mit nichtkonjugierter C=C- und C≡N-Bindung durch katalytische Hydrocyanierung eines 1,3-Butadien-haltiges Kohlenwasserstoffgemisches, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man in dem Kohlenwasserstoffgemisch zunächst den Anteil derjenigen Komponenten, welche die katalytische Hydrocyanierung beeinträchtigen, verringert und das so erhaltene Gemisch anschließend katalytisch hydrocyaniert.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| AL AM AT AU AZ BA BB BE BF BG BJ CA CF CG CH CI CM CN CU CZ DE DK EE | Albanien Armenien Österreich Australien Aserbaidschan Bosnien-Herzegowina Barbados Belgien Burkina Faso Bulgarien Benin Brasilien Belarus Kanada Zentralafrikanische Republik Kongo Schweiz Côte d'Ivoire Kamerun China Kuba Tschechische Republik Deutschland Dänemark Estland | FI Finnland FR Frankreich GA Gabun GB Vereinigtes Königreich GE Georgien GH Ghana GN Guinea GR Griechenland HU Ungarn IE Irland IL Israel IS Island IT Italien JP Japan KE Kenia KG Kirgisistan KP Demokratische Volksrepublik Korea KR Republik Korea KZ Kasachstan LC St. Lucia LI Liechtenstein LK Sri Lanka LR Liberia | LS LT LU MC MC MMC MK MK MN MN MN MN MN NE NO NZ PL PT RO RU SD SE | Lesotho Litauen Luxemburg Lettland Monaco Republik Moldau Madagaskar Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien Mali Mongolei Mauretanien Malawi Mexiko Niger Niederlande Norwegen Neuseeland Polen Portugal Rumänien Russische Föderation Sudan Schweden Singapur | SI<br>SK<br>SN<br>SZ<br>TD<br>TG<br>TJ<br>TM<br>TR<br>TT<br>UA<br>UG<br>US<br>VN<br>YU<br>ZW | Slowenien Slowakei Senegal Swasiland Tschad Togo Tadschikistan Turkei Trinidad und Tobago Ukraine Uganda Vereinigte Staaten von Amerika Usbekistan Vietnam Jugoslawien Zimbabwe |
|--|---|--|--|---|--|---|
|--|---|--|--|---|--|---|

Monoolefinische  $C_5$ -Mononitrile, Verfahren zu ihrer Herstellung und ihrer Verwendung

### 5 Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft monoolefinische C5-Mononitrile, bei denen die C=C- und die C=N-Bindung nicht konjugiert sind, ein 10 Verfahren zu ihrer Herstellung durch katalytische Hydrocyanierung eines 1,3-Butadien-haltigen Kohlenwasserstoffgemisches und ihre Verwendung als Zwischenprodukte für die Weiterverarbeitung zu Adipodinitril.

- 15 Die Herstellung von Gemischen monoolefinischer C<sub>5</sub>-Mononitrile, die z.B. 3-Pentennitril und 2-Methyl-3-butennitril enthalten, aus reinem 1,3-Butadien ist äußerst unwirtschaftlich, da dieses durch aufwendige extraktive Destillation aus technisch erhältlichen Kohlenwasserstoffgemischen isoliert werden muß.
- 1,3-Butadien-haltige Kohlenwasserstoffgemische sind in großtechnischem Maßstab erhältlich. So fällt z.B. bei der Aufarbeitung von Erdöl durch Steamcracken von Naphtha ein als C4-Schnitt bezeichnetes Kohlenwasserstoffgemisch mit einem hohen Gesamtolefizeichnetes Kohlenwasserstoffgemische sind in großtechnische Maßstab erhältlich. So fällt z.B. bei der Aufarbeitung von Erdöl durch Steamcracken von Naphtha ein als C4-Schnitt bezeichnetes Kohlenwasserstoffgemisch mit einem hohen Gesamtolefizeichnetes kohlenwasserstoffgemische zu der Rest auf Mo
- 25 nanteil an, wobei etwa 40 % auf 1,3-Butadien und der Rest auf Monoolefine und mehrfach ungesättigte Kohlenwasserstoffe sowie Alkane entfällt. Diese Ströme enthalten immer auch geringe Anteile von im allgemeinen bis zu 5 % an Alkinen, 1,2-Dienen und Vinylacetylen, die nur durch aufwendige und somit teure verfahrenstechnische Maßnahmen abgetrennt werden können.

Eine Möglichkeit zur Entfernung von Acetylenen und Allenen aus Diolefin-haltigen Kohlenwasserstoffgemischen besteht in der Teilhydrierung dieser Gemische in Gegenwart von Katalysatoren, die befähigt sind, zwischen diesen Substanzklassen zu differenzieren. So beschreibt die US-A-4,587,369 selektive Hydrierkatalysatoren auf Basis von Pd auf einem Aluminiumoxid-Träger.

Die US-A-4,704,492 beschreibt Cu/Pd-Kontakte als selektive Hy-40 drierkatalysatoren.

Bei bestimmten Verwendungen des Kohlenwasserstoffgemisches ist ein möglichst geringer Verlust an Diolefin, z.B. an 1,3-Butadien, bei gleichzeitig möglichst vollständiger Entfernung der Acetylene 45 erwünscht. Die US-A-4,493,906 beschreibt einen Katalysator auf Basis von fein verteiltem Kupfer auf einem γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Träger, mit dem Acetylen aus einem Butadien-haltigen Gemisch praktisch vollstän-

- 2

dig entfernt wird und der Butadienverlust im Bereich von höchstens 1% liegt.

1,3-Butadien dient z.B. als wichtiges Ausgangsprodukt für die 5 Herstellung von Adipodinitril, aus dem z.B. α,ω-Alkylendiamine hergestellt werden können, wichtige Komponenten für die großtechnische Herstellung von Polyamiden (Nylon). Zur Herstellung dieser Diamine geht man im allgemeinen von entsprechenden Dinitrilen aus und unterwirft diese einer Hydrierung. So verlaufen alle indu-

10 striell genutzten Verfahren zur Herstellung des 1,6-Diaminohexans über die Zwischenstufe des Adipinsäuredinitrils, von dem jährlich weltweit etwa 1.0 Mio. Tonnen produziert werden. In K. Weissermel, H.-J. Arpe, Industrielle Organische Chemie, 4. Auflage, VCH Weinheim, S. 266 ff. sind vier prinzipiell unterschiedliche Routen zur Herstellung von Adipinsäuredinitril beschrieben:

- 1. die dehydratisierende Aminierung der Adipinsäure mit Ammoniak in der Flüssig- oder Gasphase über intermediär gebildetes Diamid;
- 2. die indirekte Hydrocyanierung des 1,3-Butadiens über die Zwi 20 schenstufe der 1,4-Dichlorbutene;
  - 3. die Hydrodimerisierung von Acrylnitril in einem elektrochemischen Prozess; und
  - 4. die direkte Hydrocyanierung von 1,3-Butadien mit Cyanwasserstoff.

25

Nach dem letztgenannten Verfahren erhält man in einer ersten Stufe durch Monoaddition ein Gemisch isomerer Pentennitrile und Methylbutennitrile, das in einer zweiten Stufe zu vorwiegend 3und 4-Pentennitril isomerisiert wird. Anschließend wird in einer

- 30 dritten Stufe durch anti-Markownikow-Cyanwasserstoffaddition an 4-Pentennitril das Adipinsäuredinitril gebildet. Die Umsetzung erfolgt dabei in der Flüssigphase in einem Lösungsmittel, wie z. B. Tetrahydrofuran, bei einer Temperatur im Bereich von 30 150 °C und drucklos. Dabei werden als Katalysatoren Nickelkomplexe
- 35 mit Phosphin- bzw. Phosphit-Liganden und Metallsalz-Promotoren verwendet. In dem oben genannten Review findet sich kein Hinweis auf eine mögliche Brauchbarkeit eines industriellen C<sub>4</sub>-Schnittes anstelle von reinem 1,3-Butadien als Edukt.

40

In "Applied Homogeneous Catalysis with Organometalic Compounds", Bd. 1, VCH Weinheim, S. 465 ff. wird allgemein die heterogen und homogen katalysierte Addition von Cyanwasserstoff an Olefine beschrieben. Dabei werden vor allem Katalysatoren auf Basis von

45 Phosphin- und Phosphit-Komplexen des Nickels und Palladiums verwendet, die eine hohe Produktselektivität, verbesserte Umsätze und verringerte Reaktionszeiten ermöglichen. Zur Herstellung von

Adipinsäuredinitril durch Hydrocyanierung von Butadien werden vorwiegend Nickel(0)-Phosphitkatalysatoren, ggf. in Gegenwart einer Lewis-Säure als Promotor verwendet. Allgemein läßt sich die Reaktion in die drei Schritte gliedern: 1. Synthese von Mononi-5 trilen durch Hydrocyanierung von 1,3-Butadien; 2. Isomerisierung; 3. Synthese von Dinitrilen. Bei der Bildung des Monoadditionsproduktes erhält man ein Isomerengemisch aus 3-Pentennitril und 2-Methyl-3-butennitril, wobei die Selektivität bezüglich des linearen 3-Pentennitrils in Abhängigkeit vom verwendeten zum Kata-10 lysator etwa 70 bis 90 % beträgt. Wird dieser erste Reaktionsschritt in Abwesenheit von Lewis-Säuren durchgeführt, so findet im allgemeinen keine Zweitaddition von Cyanwasserstoff statt und das erhaltene Produktgemisch kann einer Isomerisierung unter Verwendung der gleichen Katalysatorsysteme wie im ersten Reaktions-15 schritt, diesmal in Gegenwart einer Lewis-Säure, wie z. B. ZnCl<sub>2</sub>, als Promotor unterzogen werden. Dabei findet zum einen Isomerisierung von 2-Methyl-3-butennitril zu 3-Pentennitril und zum anderen die Isomerisierung von 3-Pentennitril zu den verschiedenen n-Cyannitrilen statt. In dieser Publikation ist erwähnt, daß das 20 thermodynamisch stabilste Isomer, das 2-Pentennitril, bei dem die C, N-Dreifachbindung mit der C, C-Doppelbindung in Konjugation steht, die Reaktion inhibiert, da es als Katalysatorgift wirkt. Die gewünschte Isomerisierung zu 4-Pentennitril wird nur dadurch ermöglicht, daß 3-Pentennitril wesentlich schneller zu 4-Penten-25 nitril als zu 2-Pentennitril isomerisiert wird.

Die EP-A-0 274 401 beschreibt ein Verfahren zur Hydrocyanierung von reinem Butadien unter Verwendung eines Nickelkatalysators, der eine Mischung aus Phenyl- und m,p-Tolyl-Phosphitliganden auf- 30 weist.

Die EP-A-315 551 beschreibt ein Verfahren zur Hydrocyanierung reiner Diene, wie z.B. 1,3-Butadien, 1,3-Hexadien, etc., unter Katalyse mit einem Ni(0)-Katalysator, der eine Säure als Promotor 35 enthält.

Die US-A-4,434,316 beschreibt ein Verfahren zur Abtrennung der Alkene aus einer Mischung von Alkenen und Alkandienen, wobei die Mischung mit Cyanwasserstoff in Gegenwart eines Nickel(0)-Komple40 xes als Katalysator umgesetzt wird. Dabei reagieren vorzugsweise die Alkadiene unter Bildung der entsprechenden Nitrile und können von den nicht umgesetzten Alkenen abgetrennt werden. Eine solche Alken-Alkadien-Trennung ist z. B. bei technischen Verfahren zur Herstellung von Dinitrilen erforderlich, um die Alkene, die keine Dinitrile bilden können, von den Alkadienen zu trennen. Das beschriebene Verfahren eignet sich zur Trennung von Alkenen mit 2 bis 5 Kohlenstoffatomen, wie z. B. Ethylen, Propylen, Butenen und

Propenen von Alkadienen mit 3 bis 8 Kohlenstoffatomen, wie z.B. Propadien, Butadien, Pentadien, Hexadien und Octadien. Die Anwesenheit von acetylenisch und ethylenisch-acetylenisch ungesättigten Kohlenwasserstoffen wird für das beschriebene Trennungsverfahren nicht als nachteilig angesehen. Auf die Möglichkeit zur Hydrocyanierung eines 1,3-Butadien-haltigen Kohlenwasserstoffgemisches und speziell eines C4-Schnittes aus der Erdölraffination zur Herstellung von C5-Monoolefingemischen mit Nitrilfunktion findet sich in der Schrift kein Hinweis.

Die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zur Hydrocyanierung von 1,3-Butadien-haltigen Kohlenwasserstoffgemischen besitzen jedoch den Nachteil, daß als unerwünschte Nebenprodukte konjugierte Buten- und/oder Pentennitrile anfallen. Diese sind 15 destillativ nur unzureichend von den nicht-konjugierten Wertprodukten 3-Pentennitril und 2-Methyl-3-butennitril abtrennbar, nicht weiter zu Adipodinitril hydrocyanierbar und stellen außerdem ausgesprochene Katalysatorgifte dar.

20 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Gemischen monoolefinischer C5-Mononitrile bereitzustellen, das die oben geschilderten Nachteile nicht aufweist und eine wirtschaftliche Produktion von Adipodinitril ermöglicht.

25 Überraschenderweise wurde nun gefunden, daß die Aufgabe durch ein Verfahren der eingangs bezeichneten Art gelöst wird, wobei man zur Hydrocyanierung ein 1,3-Butadien-haltiges Kohlenwasserstoffgemisch verwendet, welches im wesentlichen frei von störenden 30 Komponenten, wie Alkinen und 1,2-Dienen ist. Es wurde nämlich überraschenderweise festgestellt, daß die oben beschriebenen Nachteile vermieden werden können, wenn man insbesondere den Anteil von Alkinen und 1,2-Dienen, die bei der Hydrocyanierung die unerwünschten konjugierten Nitrile bilden, in dem zur Hydrocya-35 nierung eingesetzten Kohlenwasserstoffgemisch verringert. Die dabei erfindungsgemäß hergestellten neuen Nitrilgemische eignen sich deshalb z. B. nach weiterer Aufarbeitung und Isomerisierung besonders als Zwischenprodukte für die Herstellung von Adipinsäuredinitril durch Addition eines weiteren Äquivalents Cyanwasser-40 stoff.

Ein erster Gegenstand der Erfindung betrifft somit ein Verfahren zur Herstellung von Gemischen monoolefinischer C5-Mononitrile mit nichtkonjugierter C=C- und C≡N-Bindung durch katalytische Hydro-45 cyanierung eines 1,3-Butadien-haltiges Kohlenwasserstoffgemisches, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man in dem Kohlenwasserstoffgemisch zunächst den Anteil derjenigen Komponenten, wel-

che die katalytische Hydrocyanierung beeinträchtigen, verringert und das so erhaltene Gemisch anschließend katalytisch hydrocyaniert.

- 5 Dabei entfernt man aus dem Kohlenwasserstoffgemisch solche Komponenten teilweise oder vollständig, die bei katalytischer Hydrocyanierung Katalysatorgifte ergeben, insbesondere Alkine, 1,2-Diene und Gemische davon.
- 10 Besonders bei der Hydrocyanierung eines C<sub>4</sub>-Schnittes, welcher nicht im wesentlichen frei von Alkinen, wie z. B. Propin oder Butin, von 1,2-Dienen, wie z. B. Propadien, und von Alkeninen, wie z. B. Vinylacetylen, ist, werden Produkte erhalten, bei denen eine C=C-Doppelbindung in Konjugation mit der C≡N-Bindung steht.
- 15 Wie bereits zuvor erwähnt, ist aus "Applied Homogeneous Catalysis with Organometalic Compounds", Bd. 1, VCH Weinheim, S. 479 bekannt, daß das bei der Isomerisierung von 2-Methyl-3-butennitril und 3-Pentennitril entstehende, konjugierte 2-Pentennitril als ein Reaktionsinhibitor für die Zweitaddition von Cyanwasserstoff
- 20 zu Adipinsäuredinitril wirkt. Es wurde festgestellt, daß die oben genannten, bei der Hydrocyanierung eines nicht vorbehandelten C4-Schnittes erhaltenen konjugierten Nitrile auch als Katalysatorgifte für den ersten Reaktionsschritt der Adipinsäureherstellung, die Monoaddition von Cyanwasserstoff, wirken. Unmittelbare Folge
- 25 davon sind eine deutlich herabgesetzte katalytische Aktivität des homogen vorliegenden Nickelkatalysators, verringerte Umsätze und verringerte Nickelwiederfindungsraten bei der Katalysatorrückgewinnung. Diese Nachteile können, wie im experimentellen Teil gezeigt, vermieden werden.

Insbesondere ist erfindungsgemäß zu beobachten, daß nach selektiver Hydrierung der Alkin- und 1,2-Dienanteile deutlich höhere
HCN-Umsätze bei der Hydrocyanierung erzielt werden, die NickelBilanz deutlich verbessert ist und selbst bei geringerem 1,3-Butadien-Überschuß bessere 1,3-Butadien-Umsätze erzielt werden können.

Vorzugsweise wird zur Herstellung von monoolefinischen C5-Mononitrilen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ein großtechnisch anfallendes Kohlenwasserstoffgemisch verwendet, das einen hohen Anteil an 1,3-Butadien aufweist. Dazu zählt z.B. der bei der Erdölverarbeitung durch Steamcracken von Naphtha anfallende C4-Schnitt, der produktionsbedingt auch immer Alkine und 1,2-Diene enthält.

Zur Entfernung dieser Komponenten wird der C4-Schnitt vor der Addition von Cyanwasserstoff einer katalytischen Teilhydrierung unterzogen. Diese Teilhydrierung erfolgt in Gegenwart eines Hydrie-

rungskatalysators, der befähigt ist, Alkine und 1,2-Diene selektiv neben anderen Dienen und Monoolefinen zu hydrieren.

Besonders geeignet für die Verwendung im vorliegenden Verfahren 5 ist z. B. ein an 1,3-Butadien angereichertes Gemisch ( $C_4$ -Schnitt), welches einen 1,3-Butadiengehalt von mindestens 10 Vol.-%, bevorzugt mindestens 25 Vol.-%, insbesondere mindestens 43 Vol.-% aufweist. Vorzugsweise werden dabei Gemisch mit einem möglichst hohen Butadiengehalt von mindestens 35 Vol.-%, bevorzugt mindestens 10 40 Vol.-%, insbesondere mindestens 42 Vol.-% verwendet.

Nach einer speziellen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein großtechnisch anfallender C4-Schnitt verwendet, der die folgenden Kohlenwasserstoffe enthält:

- 15 10 bis 50 Vol.-%, bevorzugt 25 bis 47 Vol.-% 1,3-Butadien;
  - 10 bis 35 Vol.-%, bevorzugt 15 bis 30 Vol.-% Isobuten;
  - 2 bis 30 Vol.-%, bevorzugt 5 bis 20 Vol.-% 1-Buten;
  - 1 bis 20 Vol.-%, bevorzugt 3 bis 15 Vol.-% n-Butan
  - 1 bis 15 Vol.-%, bevorzugt 2 bis 10 Vol.-% trans-2-Buten;
- 20 1 bis 15 Vol.-%, bevorzugt 2 bis 10 Vol.-% Isobutan;
  - 1 bis 15 Vol.-%, bevorzugt 2 bis 10 Vol.-% cis-2-Buten sowie zusammen etwa 0,1 bis 5,0 Vol.-%, bevorzugt 0,2 bis 2,5

Vol.-% Alkine und 1,2-Diene, wie z. B. Vinylacetylen, 1-Butin, Propin, Propadien (Allen) etc., und Spurengase, wie z. B. Propan,

25 Cyclopropan, Propen, iso-Pentan, n-Pentan etc., im Bereich von jeweils etwa 1 bis 500 ppm.

Nach einer weiteren speziellen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein großtechnisch anfallender C4-Schnitt

- 30 verwendet, der die folgenden Kohlenwasserstoffe enthält:
  - 35 bis 50 Vol.-%, bevorzugt 43 bis 47 Vol.-% 1,3-Butadien;
  - 17 bis 35 Vol.-%, bevorzugt 20 bis 30 Vol.-% Isobuten;
    - 8 bis 18 Vol.-%, bevorzugt 11 bis 15 Vol.-% 1-Buten;
  - 3 bis 13 Vol.-%, bevorzugt 6 bis 10 Vol.-% n-Butan
- 35 1 bis 7 Vol.-%, bevorzugt 3 bis 5 Vol.-% trans-2-Buten;
  - 1 bis 5 Vol.-%, bevorzugt 2 bis 4 Vol.-% Isobutan;
  - 1 bis 5 Vol.-%, bevorzugt 2 bis 5 Vol.-% cis-2-Buten

sowie zusammen etwa 0,5 bis 1,4 Vol.-% Alkine und 1,2-Diene, wie z. B. Vinylacetylen, 1-Butin, Propin, Propadien (Allen) etc., und

40 Spurengase, wie z. B. Propan, Cyclopropan, Propen, iso-Pentan, n-Pentan etc., im Bereich von jeweils etwa 5 bis 250 ppm.

Vorzugsweise wird der C4-Schnitt einer selektiven Hydrierung unterzogen, die im wesentlichen nur die enthaltenen Alkine und

45 1,2-Diene erfaßt. So beträgt der Gesamtanteil an diesen Alkinen und 1,2-Dienen im Kohlenwasserstoff nach der selektiven Hydrierung höchstens noch etwa 1000 ppm, bevorzugt höchstens etwa 800

PCT/EP97/06900 WO 98/27054

7

ppm, insbesondere höchstens etwa 600 ppm. Nach einer speziellen Ausführungsform beträgt der Gesamtanteil an disen Komponenten nach der Hydrierung höchstens noch 100 ppm. Des weiteren wird vor allem der Anteil an 1,3-Butadien nur wenig verringert, im allge-5 meinen um höchstens etwa 10 Vol.-%, bevorzugt um höchstens 5 Vol.-%, insbesondere um höchstens 1 Vol.-%.

Nach einer speziellen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nach der selektiven Hydrierung ein Kohlenwasser-10 stoffgemisch erhalten, das die folgenden Kohlenwasserstoffe ent-

```
10 bis 50 Vol.-%, bevorzugt 25 bis 47 Vol.-% 1,3-Butadien;
```

- 10 bis 35 Vol.-%, bevorzugt 15 bis 30 Vol.-% Isobuten;
  - 2 bis 30 Vol.-%, bevorzugt 5 bis 25 Vol.-% 1-Buten;
- 15 1 bis 15 Vol.-%, bevorzugt 2 bis 10 Vol.-% trans-2-Buten;
  - 1 bis 20 Vol.-%, bevorzugt 3 bis 15 Vol.-% n-Butan;
    - 1 bis 15 Vol.-%, bevorzugt 2 bis 10 Vol.-% cis-2-Buten;
  - 1 bis 15 Vol.-%, bevorzugt 2 bis 10 Vol.-% Isobutan; sowie
- 20 10 bis 500 ppm 1-Butin;
  - 10 bis 1000 ppm Vinylacetylen;
  - 10 bis 250 ppm Propadien;
  - 5 bis 250 ppm Propin;

und die oben erwähnten Spurengase im Bereich von jeweils 5 bis 25 500 ppm.

Nach einer weiteren speziellen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird nach der selektiven Hydrierung ein Kohlenwasserstoffgemisch erhalten, das die folgenden Kohlenwasserstoffe

- 30 enthält: 30 bis 47 Vol.-%, bevorzugt 35 bis 44 Vol.-% 1,3-Butadien;
  - 15 bis 35 Vol.-%, bevorzugt 21 bis 30 Vol.-% Isobuten;
  - 15 bis 25 Vol.-%, bevorzugt 18 bis 22 Vol.-% 1-Buten;
  - 4 bis 10 Vol.-% bevorzugt 6 bis 8 Vol.-% trans-2-Buten;
- 35 1,5 bis 7,5 Vol.-%, bevorzugt 3,5 bis 5,5 Vol.-% n-Butan;
  - 1,5 bis 7,5 Vol.-%, bevorzugt 3,3 bis 5,3 Vol.-% cis-2-Buten;
    - 0,4 bis 1,4 Vol.-%, bevorzugt 0,7 bis 1,2 Vol.-% Isobutan; sowie
    - 100 bis 250 ppm 1-Butin;
- 40 80 bis 250 ppm Vinylacetylen;
  - 30 bis 60 ppm Propadien;
  - 10 bis 50 ppm Propin;
  - und die oben erwähnten Spurengase im Bereich von jeweils 5 bis 500 ppm.

Geeignete Katalysatoren für die selektive Hydrierung sind aus dem Stand der Technik bekannt und umfassen übliche homogene und heterogene Hydrierkatalysatorsysteme. Vorzugsweise basieren die für das erfindungsgemäße Verfahren geeigneten Katalysatoren auf einem 5 Übergangsmetall der 8. oder 1. Nebengruppe, wobei vorzugsweise Katalysatoren auf Basis von Ni, Pd, Pt, Ru oder Cu verwendet werden. Insbesondere bevorzugt werden Katalysatoren auf Basis von Cu oder Pd verwendet.

- 10 Geeignete heterogene Katalysatorsysteme umfassen im allgemeinen eine der zuvor genannten Übergangsmetallverbindungen auf einem inerten Träger. Geeignete anorganische Träger sind die hierfür üblichen Oxide, insbesondere Silicium- und Aluminiumoxide, Alumosilikate, Zeolithe, Carbide, Nitride etc. und deren Mischungen.
- 15 Bevorzugt werden als Träger Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> und deren Mischungen verwendet. Insbesondere handelt es sich bei den im erfindungsgemäßen Verfahren verwendeten heterogenen Katalysatoren um die in den US-A-4,587,369; US-A-4,704,492 und US-A-4,493,906 beschriebenen, auf die hier in vollem Umfang Bezug genommen wird. Weiterhin ge-
- 20 eignete Katalysatorsysteme auf Cu-Basis werden von der Fa. Dow Chemical als KLP-Katalysator vertrieben.

Die Addition von Cyanwasserstoff an den vorbehandelten, teilhydrierten C<sub>4</sub>-Schnitt, und speziell an das darin enthaltene 1,3-Bu-25 tadien kann kontinuierlich, semikontinuierlich oder diskontinuierlich erfolgen.

Die kontinuierliche Cyanwasserstoffaddition umfaßt formal:

- 30 a) Einspeisung von teilhydriertem  $C_4$ -Schnitt, Cyanwasserstoff und Hydrocyanierungskatalysator in einen Reaktor,
  - b) Umsetzung des Gemisches bei erhöhter Temperatur und erhöhtem Druck,
- c) Entfernung von nicht umgesetztem Cyanwasserstoff und 1,3-Buta 35 dien aus dem umgesetzten Gemisch,
  - d) Rückführung des gasförmigen Reaktoraustrags, ggf nach destillativer Aufarbeitung in den Reaktor,
- e) destillative Aufarbeitung des flüssigen und festen Reaktoraustrags und Rückführung des dabei zurückgewonnenen Katalysators in 40 den Reaktor.

Geeignete Reaktoren für die kontinuierliche Umsetzung sind dem Fachmann bekannt und werden z. B. in Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, Bd. 1, 3. Aufl., 1951, S. 743 ff. beschrie-

45 ben. Vorzugsweise wird für die kontinuierliche Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Rührkesselkassade, bevorzugt aus

PCT/EP97/06900 WO 98/27054

9

zwei Stufen, oder ein Rohrreaktor verwendet. Für die Schritte a) bis e) gilt vorzugsweise folgendes zu beachten:

#### Schritt a):

- 5 Die Einspeisung der drei Komponenten des Reaktionsgemisches, Cyanwasserstoff, teilhydrierter C4-Schnitt und Katalysator erfolgt im allgemeinen in separaten Zuläufen nach Maßgaben des jeweiligen Verbrauchs. Wird anstelle eines homogenen Katalysators, der z. B. separat als Lösung in einem geeigneten Lösungsmittel oder gemein-
- 10 sam mit einem der übrigen Zuläufe in den Reaktor geführt werden kann, ein heterogener Katalysator verwendet, so kann dieser auch in geeigneter Form im Reaktor vorgelegt werden.

#### Schritt b):

- 15 Die Umsetzung des teilhydrierten C4-Schnittes und speziell die Monoaddition von Cyanwasserstoff an das enthaltene 1,3-Butadien erfolgt vorzugsweise bei erhöhter Temperatur und bei erhöhtem Druck. Dabei liegt die Temperatur im allgemeinen in einem Bereich von etwa 20 bis etwa 200 °C, bevorzugt etwa 70 bis etwa 120 °C.
- 20 Der Reaktionsdruck entspricht im allgemeinen dem von der Reaktionsmischung unter den Reaktionstemperaturen aufgebauten Druck und liegt in einem Bereich von etwa 1 bis 200 bar, bevorzugt etwa 2 bis 100 bar, insbesondere etwa 5 bis 20 bar.

#### 25 Schritt c):

Im Anschluß an die Reaktion werden nichtumgesetztes 1,3-Butadien und Cyanwasserstoff sowie die weiteren im Reaktionsgemisch enthaltenen gasförmigen Komponenten aus dem Reaktionsgemisch entfernt, destillativ getrennt und/oder zurückgeführt (Kreisstrom).

30 Dies kann in bekannter Weise z.B. durch Strippen in einer dafür üblichen Kolonne erfolgen.

### Schritt d):

In Abhängigkeit von der Konzentration des noch enthaltenen, 35 nichtumgesetzten 1,3-Butadiens kann der gasförmige Austrag, gegebenenfalls nach vorheriger destillativer Aufarbeitung, wieder in den Reaktor zurückgeführt werden. Zur Entfernung der restlichen Blausäure kann das Abgas mit wässriger Lauge gewaschen werden. Geeignete Waschlaugen sind die Alkalihydroxide, wie z. B. KOH und 40 NaOH. Das im Abgas enthaltene 1,3-Butadien-freie  $C_4$ -Gemisch (Raffinat 1) kann der weiteren petrochemischen Aufarbeitung zugeführt werden.

#### Schritt e):

45 Der flüssige und/oder feste Reaktoraustrag wird zur Gewinnung der Wertprodukte 3-Pentennitril und 2-Methyl-3-butennitril sowie zur Rückgewinnung des enthaltenen Katalysators einer destillativen

10

Aufarbeitung unterzogen. Der dabei zurückgewonnene aktive Katalysator wird in den Reaktor zurückgeführt.

Nach einer speziellen Ausführungsform der kontinuierlichen Ver-5 fahrensvariante wird eine zweistufige Rührkesselkaskade verwendet, wobei die Verweilzeit etwa 10 bis 120 Minuten pro Stufe, bevorzugt etwa 20 bis 60 Minuten pro Stufe beträgt.

Gemäß einer weiteren geeigneten Variante des erfindungsgemäßen 10 Verfahrens erfolgt die Addition des Cyanwasserstoffs an den teilhydrierten C<sub>4</sub>-Schnitt semikontinuierlich.

Das semikontinuierliche Verfahren umfaßt:

- 15 a) Befüllen eines druckfesten Reaktors mit teilhydriertem  $C_4$ -Schnitt, Cyanwasserstoff und Hydrocyanierungskatalysator sowie ggf. einem Lösungsmittel,
- b) Umsetzung des Gemisches bei erhöhter Temperatur und erhöhtem

  20 Druck, wobei bei semikontinuierlicher Fahrweise Cyanwasserstoff nach Maßgabe seines Verbrauchs eingespeist wird,
  - c) Vervollständigung des Umsatzes durch Nachreagieren und anschließende Aufarbeitung.

Geeignete druckfeste Reaktoren sind dem Fachmann bekannt und werden z.B. in Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, Bd. 1, 3. Auflage, 1951, S. 769 ff. beschrieben. Im allgemeinen wird für das erfindungsgemäße Verfahren ein Autoklav verwendet, der gewünschtenfalls mit einer Rührvorrichtung und einer Innenauskleidung, z.B. aus Glas, versehen sein kann. Für die obigen Schritte gilt vorzugsweise folgendes zu beachten:

#### Schritt a):

35 Der druckfeste Reaktor wird vor Beginn der Reaktion mit dem teilhydrierten C<sub>4</sub>-Schnitt, Cyanwasserstoff einem Hydrocyanierungskatalysator sowie ggf. einem Lösungmittel befüllt. Geeignete Lösungsmittel sind z. B. aromatische Kohlenwasserstoffe, wie Toluol und Xylol, oder Tetrahydrofuran.

#### Schritt b):

40

Die Umsetzung des Gemisches erfolgt im allgemeinen bei erhöhter Temperatur und erhöhtem Druck. Dabei liegt die Reaktionstemperatur im allgemeinen in einem Bereich von etwa 20 bis 200°C, bevorzugt etwa 70 bis 120°C. Der Druck liegt im allgemeinen in einem Bereich von etwa 1 bis 200 bar, bevorzugt etwa 5 bis 20 bar. Dabei wird während der Reaktion Cyanwasserstoff nach Maßgabe seines

PCT/EP97/06900 WO-98/27054

11

Verbrauchs eingespeist, wobei der Druck im Autoklaven im wesentlichen konstant bleibt. Die Reaktionszeit beträgt etwa 30 Minuten bis 5 Stunden, bevorzugt etwa 1 Stunde bis 3 Stunden.

5 Schritt c):

Zur Vervollständigung des Umsatzes kann sich an die Reaktionszeit eine Nachreaktionszeit von 0 Minuten bis etwa 5 Stunden, bevorzugt etwa 1 Stunde bis 3 Stunden anschließen, in der kein Cyanwasserstoff mehr in den Autoklaven eingespeist wird. Die Tempera-

- 10 tur wird in dieser Zeit im wesentlichen konstant auf der zuvor eingestellten Reaktionstemperatur belassen. Die Aufarbeitung erfolgt nach gängigen Verfahren und umfaßt die Abtrennung des nicht umgesetzten 1,3-Butadiens und des nicht umgesetzten Cyanwasserstoffs, z. B. durch Waschen oder Extrahieren und die destillative
- 15 Aufarbeitung des übrigen Reaktionsgemisches zur Abtrennung der Wertprodukte und Rückgewinnung des noch aktiven Katalysators.

Gemäß einer weiteren geeigneten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Addition des Cyanwasserstoffs an den teil-20 hydrierten C4-Schnitt diskontinuierlich. Dabei werden im wesentlichen die bei semikontinuierlichen Verfahren beschriebenen Reaktionsbedingungen eingehalten, wobei in Schritt b) kein zusätzlicher Cyanwasserstoff eingespeist wird.

25 Geeignete Katalysatoren für die Hydrocyanierung sind aus dem Stand der Technik bekannt und umfassen heterogene und vorzugsweise homogene Katalysatorsysteme. Im allgemeinen basieren die für das erfindungsgemäße Verfahren geeigneten Katalysatoren auf einem Übergangsmetall der 8. Nebengruppe und umfassen ggf. ein 30 Metallsalz als Promotor. Vorzugsweise wird für die Monoaddition von Cyanwasserstoff ein Katalysatorsystem ohne Zusatz eines Promotors verwendet.

Bevorzugt wird für das erfindungsgemäße Verfahren mindestens ein 35 homogener Katalysator, ausgewählt unter Salzen oder Komplexverbindungen des Nickels, verwendet. Insbesondere eignen sich Ni(0)-Komplexe mit Phosphin-, Phosphinit-, Phosphonit- oder vorzugsweise Phosphit-Liganden. Geignet sind Ni-, Phosphin-, Phosphinit-, Phosphonit- bzw. Phos-

40 phit-Komplexe der allgemeinen Formel NiL4, worin L für PR3,

- P(OR)R2, P(OR)2R oder P(OR)3 steht und R für einen Alkyl-, Cycloalkyl- oder Arylrest, bevorzugt für Phenyl oder m,p-Tolyl, steht. Dabei können auch Gemische unterschiedlicher Reste R verwendet werden. Nach einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt die Umset-
- 45 zung in Gegenwart eines Ni(0)-Komplexes, welcher mindestens einen zwei- oder mehrzähnigen Phosphin-, Phosphinit-, Phosphonit- oder Phosphitliganden umfaßt. Geeignete Phosphit-Chelatbildner sind in

12

der WO 96/22968, US-A-5,484,902, WO 96/11182, US-A-5,523,453, WO 95/30680, WO 95/28228 und WO 95/14659 beschrieben, auf die hier in vollem Umfang Bezug genommen wird.

- 5 Die vorgenannten Katalysatoren können gewünschtenfalls in Kombination mit einem Promotor verwendet werden. Vorzugsweise wird als Promotor eine Lewis-Säure, wie z.B. AlCl<sub>3</sub> oder ZnCl<sub>2</sub> verwendet. Bevorzugt werden die Katalysatoren für die Monoaddition zu Cyanwasserstoff ohne Zusatz eines Promotors verwendet.
- Gemäß einer speziellen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann einer der zuvor genannten Liganden im Überschuss als Lösungsmittel verwendet werden. Gegebenenfalls kann auch das Produkt 3-Pentennitril als Lösungsmittel fungieren.
- Allgemein läßt sich die Herstellung von Adipinsäuredinitril aus einem Butadien-haltigen Gemisch durch Addition von 2 Moläquivalenten Cyanwasserstoff in drei Schritte gliedern:
- 20 1. Herstellung von C5-Monoolefingemischen mit Nitrilfunktion.
- Isomerisierung des in diesen Gemischen enthaltenen 2-Methyl-3-butennitrils zu 3-Pentennitril und Isomerisierung des
  so gebildeten und des in den Gemischen bereits aus Schritt 1
  enthaltenen 3-Pentennitrils zu verschiedenen n-Pentennitrilen. Dabei soll ein möglichst hoher Anteil an 3-Pentennitril
  und ein möglichst geringer Anteil an konjugiertem und als Katalysatorgift wirksamen 2-Pentennitril und 2-Methyl-2-butennitril gebildet werden.
- Herstellung von Adipinsäuredinitril durch Addition von Cyanwasserstoff an das in Schritt 2 gebildete 3-Pentennitril welches zuvor "in situ" zu 4-Pentennitril isomerisiert wird. Als Nebenprodukte treten dabei z. B. 2-Methyl-glutarodinitril aus der Markownikow-Addition von Cyanwasserstoff an 4-Pentennitril oder der anti-Markownikow-Addition von Cyanwasserstoff an 3-Pentennitril und Ethylsuccinodinitril aus der Markownikow-Addition von Cyanwasserstoff an 3-Pentennitril auf.
- 40 Vorteilhafterweise eignen sich die für die erfindungsgemäße Herstellung von monoolefinischen Nitrilen in Schritt 1 bevorzugt verwendeten Nickelphosphit-Katalysatoren auch für die Stellungsund Doppelbindungsisomerisierung in Schritt 2 und die Zweitaddition von Cyanwasserstoff in Schritt 3. Nach einer geeigneten Vorgehensweise erfolgt dabei z.B. die Monoaddition nach Schritt 1 in Abwesenheit von Promotoren, z.B. Lewis-Säuren wie ZnCl<sub>2</sub>, die Isomerisierung nach Schritt 2 in Anwesenheit von Lewis-Säuren, wobei

13

die Ausbeute im Hinblick auf 3-Pentennitril optimiert wird und die Zweitaddition in Schritt 3 ggf. unter Ersetzung des ZnCl<sub>2</sub> durch Triphenylbor, um die Selektivität der Reaktion bzgl. Adipinsäuredinitril zu optimieren.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung monoolefinischer C5-Nitrile aus einem im wesentlichen Alkin- und 1,2-Dien-freien Kohlenwasserstoffgemisch ermöglicht höhere Cyanwasserstoffumsätze und höhere 1,3-Butadien-Umsätze, als sie bei der Hydrocyanierung eines nichtvorbehandelten C4-Schnittes erzielt werden. Dabei liegen die erreichten Reaktionsumsätze bezogen auf Cyanwasserstoff bei mindestens 90 %, bevorzugt bei mindestens 95 %, insbesondere bevorzugt bei mindestens 98 % und speziell bei mindestens 99 %. Bei semikontinuierlicher Reaktionsführung werden unter ansonsten identischen Reaktionsbedingungen mit nichtvorbehandeltem C4-Schnitt deutlich niedrigere Reaktionsumsätze bezogen auf Cyanwasserstoff erzielt.

Bei der für großtechnische Prozesse bevorzugten kontinuierlichen 20 Reaktionsführung werden z.B. unter ansonsten zu dem erfindungsgemäßen Verfahren identischen Reaktionsbedingungen mit nichtvorbehandeltem  $C_4$ -Schnitt Reaktionsumsätze bezogen auf Cyanwasserstoff im Bereich von etwa 98 % erzielt, gegenüber im wesentlichen vollständigen Umsätzen im Bereich von z. B. 99,8 % bei der Verwendung 25 von erfindungsgemäß vorbehandeltem  $C_4$ -Schnitt. Da das kontinuierliche Verfahren unter Zurückführung des aktiven Nickelkatalysators gefahren wird, und der Katalysator dem Reaktionsgemisch nur in geringen Mengen zugeführt wird, hat bereits ein geringfügiger Cyanwasserstoffüberschuß, der aus einem unvollständigen Umsatz 30 resultiert, einen stark negativen Einfluss auf die Nickelbilanz der Reaktion. So weist das erfindungsgemäße kontinuierliche Verfahren überraschenderweise eine höhere Katalysatorrückführungsrate und somit längere Katalysatorstandzeiten auf als bekannte Verfahren. Dies ist auch unter ökologischen Aspekten relevant, da 35 das aus dem aktiven Katalysator mit Cyanwasserstoff gebildete Nickelcyanid stark giftig ist und unter hohen Kosten aufgearbeitet oder entsorgt werden muß.

Wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren ein wie zuvor beschrie40 bener teilhydrierter C<sub>4</sub>-Schnitt einer Hydrocyanierung unterzogen,
so wird im wesentlichen nur das 1,3-Butadien monohydrocyaniert.
Nach Gasraumanalysen werden die im vorbehandelten C<sub>4</sub>-Schnitt enthaltenen Monoolefine nicht mit Cyanwasserstoff umgesetzt, sondern
z.T. isomerisiert. So kann z.B. eine Isomerisierung des enthalteten 1-Butens zu cis- und trans-2-Buten beobachtet werden. Das erhaltene Produktgemisch umfaßt im allgemeinen isomere Pentennitrile und Methylbutennitrile, wie 3-Pentennitril, 2-Pentennitril,

14

4-Pentennitril, 2-Methyl-2-butennitril, 2-Methyl-3-butennitril, etc.

Vorzugsweise wird ein hoher Anteil an 4-Pentennitril sowie an zu 5 4-Pentennitril isomerisierbaren Produkten, wie 3-Pentennitril und 2-Methyl-3-butennitril erhalten. Desweiteren ist der Anteil an kojugiertem 2-Pentennitril, welches als Katalysatorgift wirkt gering und liegt vorzugsweise unterhalb von 1 Gew.-%, insbesondere bei etwa 0,1 bis 0,2 Gew.-%, bezogen auf eingesetzten C4-Schnitt.

Das Produktmengenverhältnis von 3-Pentennitril zu 2-Methyl-3-butennitril beträgt im allgemeinen etwa 1,5:1 bis 2,5:1, bevorzugt 1,8:1 bis 2,3:1.

- 15 Wie Gasraumanalysen belegen, werden bei der Verwendung von nicht teilhydriertem C<sub>4</sub>-Schnitt für die Hydrocyanierung nicht nur das 1,3-Butadien, sondern auch die enthaltenen Alkine und 1,2-Diene hydrocyaniert, wobei Produkte mit einer C,C-Doppelbindung in Konjugation zur Nitrilfunktion gebildet werden. Aufgrund der Wirkung dieser Verbindungen als Katalysatorgifte sind die Nickelwiederfindungsraten und die Katalysatorstandzeiten niedriger als im erfindungsgemäßen Verfahren. Geringere Katalysatoraktivitäten führen dabei zu niedrigeren Umsätzen.
- 25 Ein weiterer Gegenstand der Erfindung sind die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlichen monoolefinischen  $C_5$ -Mononitrile.

Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur se-30 lektiven Hydrierung von C<sub>4</sub>-Schnitten wobei man ein 1,3-Butadienhaltiges Kohlenwasserstoffgemisch, das außerdem wenigstens ein Alkin und/oder 1,2-Dien umfaßt, mit Wasserstoff in Gegenwart eines Hydrierkatalysators umsetzt.

- 35 Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein selektiv hydrierter von C<sub>4</sub>-Schnitt mit einem Gesamtanteil an Alkinen und 1,2-Dienen von höchsten 1000 ppm, bevorzugt höchstens 800 ppm, insbesondere höchstens 600 ppm und speziell höchstens 100 ppm.
- 40 Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung von Adipodinitril, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man ein wie zuvor beschrieben hergestelltes Gemisch von C5-Mononitrilen, gegebenenfalls nach weiterer Aufarbeitung oder Isomerisierung katalytisch hydrocyaniert.

PCT/EP97/06900 WO 98/27054

15

Die Erfindung wird anhand der folgenden nicht einschränkenden Beispiele erläutert.

Beispiele

5

Für die folgenden erfindungsgemäßen Beispiele wurde ein teilhydriertes Kohlenwasserstoffgemisch verwendet, welches enthält:

38,9 Vol.-% 1,3-Butadien, 10 22,4 Vol.-% Isobuten,

19,8 Vol.-% 1-Buten,

4,5 Vol.-% n-Butan,

7,05 Vol.-% trans-2-Buten,

0,89 Vol.-% Isobutan,

15 4,30 Vol.-% cis-2-Buten,

159 ppm Vinylacetylen,

214 ppm 1-Butin,

29 ppm Propin,

44 ppm Propadien,

20 156 ppm i-Pentan,

45 ppm Cyclopropan

333 ppm Propen,

6 ppm n-Pentan,

6 ppm Propan

25

Für die folgenden Vergleichsbeispiele wurde ein nicht hydriertes Kohlenwasserstoffgemisch verwendet, welches enthält:

45,2 Vol.-% 1,3-Butadien,

30 22,0 Vol.-% Isobuten,

12,7 Vol.-% 1-Buten,

8,2 Vol.-% n-Butan,

3,8 Vol.-% trans-2-Buten,

2,92 Vol.-% Isobutan,

35 2,64 Vol.-% cis-2-Buten,

0,621 Vol.-% Vinylacetylen,

0,128 Vol.-% 1-Butin,

671 ppm Propin,

357 ppm Propadien,

40 258 ppm i-Pentan,

86 ppm Cyclopropan

23 ppm Propen,

15 ppm n-Pentan,

6 ppm Propan

45

PCT/EP97/06900 WO 98/27054

16

kontinuierliche Hydrocyanierung von teilhydriertem C4-Schnitt

Katalysatorzusammensetzung:

5 25 Gew.-% Tetrakis(tri-m/p-tolylphosphit)Ni(0)

60 Gew.-% Tri-m/p-tolylphosphit

15 Gew.=% 3-Pentennitril/2-Methyl-3-butennitril

Teilhydrierter  $C_4$ -Schnitt, Katalysatorlösung und Cyanwasserstoff 10 werden in eine zweistufige Rührkesselkaskade eingespeist (Druck: 15 bar, Temperatur Reaktor 1: 102°C, Temperatur Reaktor 2: 95°C, Verweilzeit: 40 min/Reaktor). Der Austrag wird Blausäure- und Butadien-frei gestrippt, der Gasraum analysiert und der gasförmige Austrag über einen NaOH-Waschturm gefahren. Flüssiger/fester Aus-15 trag werden analysiert, destillativ zur Abtrennung der Wertprodukte und Rückgewinnung des noch aktiven Katalysators aufgearbeitet und die so erhaltenen Produkte erneut analysiert. Die auf HCN bezogenen Umsätze werden durch Maßanalyse der Reaktorlösungen aus beiden Reaktoren bestimmt. Die Nickelwiederfindungsrate (Rückge-20 winnung von aktivem Katalysator) wird mittels Elementaranalyse bestimmt.

Nach Gasraumanalyse wird selektiv 1,3-Butadien hydrocyaniert; 1-Buten wird zu cis- und trans-2-Buten isomerisiert. Der relative 25 prozentuale Anteil von i-Buten, i-Butan und n-Butan bleibt vor und nach der Umsetzung im Rahmen der Meßgenauigkeit gleich. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammemgefaßt.

Vergleichsbeispiel 1

40

30 kontinuierliche Hydrocyanierung von nicht teilhydriertem C4-Schnitt

Ein nicht teilhydriertes Kohlenwasserstoffgemisch der oben angegebenen Zusammensetzung wird analog zu Beispiel 1 umgesetzt. Die 35 Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 1 wiedergegeben.

Vergleichsbeispiel 2 kontinuierliche Hydrocyanierung von nicht teilhydriertem C<sub>4</sub>-Schnitt

Ein nicht teilhydriertes Kohlenwasserstoffgemisch der oben angegebenen Zusammensetzung wird analog zu Beispiel 1 umgesetzt, wobei die Katalysatoreinspeisung von 2,72 mmol/h auf 4,85 mmol/h erhöht wird. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Tabelle 1 wiederge-45 geben.

Tabelle 1 kontinuierliche Hydrocyanierung von teilhydriertem und nicht teilhydriertem  $C_4$ -Schnitt

| آ  |                       |  | Beispiel 1 | Vergleichs-<br>bsp. 1 | Vergleichs-<br>bsp. 2 |
|----|-----------------------|--|------------|-----------------------|-----------------------|
| -  | feeds                 | Ni-Kat. [mmol/h]   | 2,76       | 2,72                  | 4,85                  |
| .0 | Ieeas                 | 1,3-Buta-<br>dien (als<br>C <sub>4</sub> -Schnitt)<br>[mmol/h]     | 483        | 533                   | 513                   |
|    |                       | HCN [mmol/h]   | 414        | 421                   | 455                   |
| 5  | Gewichts-<br>verhält- | Buta-<br>dien:HCN  | 1,17:1     | 1,27:1                | 1,13:1                |
|    | nisse                 | Ni:Ligand  | 1:14       | 1:14                  | 1:14                  |
|    | [Gew%]                | Turnover-  | 151        | 154                   | 94                    |
| 20 |                       | Selektivi-<br>tät bzgl.<br>Butadien                                | 98         | 97                    | 97                    |
| 25 |                       | Produktver-<br>hältnis<br>3-PN:2-M-<br>3BN <sup>1)</sup><br>[Gew%] | 2,0:1      | 1,95:1                | 2,1:1                 |
|    | zurückge-             |  | 89,0       | 66,0                  | 80,5                  |
| 30 | wonnene               |  | 78,0       | 61,0                  | 72,1                  |
|    | Menge                 |  | 90,0       | 61,3                  | 65,3                  |
|    | Ni [Gew%] Umsatz      | HCN<br>[Gew%]  | >99,8      | 98,0                  | 99,0                  |

35

1) 3-PN = 3-Pentennitril, 2-M-3-BN = 2-Methyl-3-butennitril

wie das erfindungsgemäße Beispiel 1 und die Vergleichsbeispiele 1 und 2 eindeutig belegen ist der Cyanwasserstoffumsatz bei der Verwendung eines selektiv hydrierten Kohlenwasserstoffgemisches höher als bei einem nicht vorbehandelten Gemisch. Weiterhin weist das Beispiel 1 deutlich höhere Nickelwiederfindungsraten als die Vergleichsbeispiele auf. Die Selektivität bzgl. Butadien wird im erfindungsgemäßen Verfahren um etwa 1% gegenüber der Referenz erfindungsgemäßen Verfahren um etwa 1% gegenüber der Referenz erhöht. In Beispiel 1 wurde weniger Butadien (Überschußkomponente) höht. In Beispiel 1 wurde vergleichsbeispielen 1 und 2. Dennoch ist Umsatz an HCN (Unterschußkomponente) höher. Dieser Effekt ist

überraschend, da ansonsten mit zunehmender Menge an Überschußkomponente auch der Umsatz an Unterschußkomponente zunehmen sollte. Auch im Vergleichsbeispiel 2 mit deutlich höherem Katalysatoranteil werden die Ergebnisse von Beispiel 1 nicht erreicht.

5

Beispiel -2 semikontinuierliche Hydrocyanierung von teilhydriertem C4-Schnitt

10 40 g Toluol,

20,3 g vorhydrierter C<sub>4</sub>-Schnitt (= 7,9 g 1,3-Butadien),

4,7 g Katalysatorzusammensetzung, enthaltend:

25 Gew.-% Tetrakis(tri-m/p-tolylphosphit)Ni(0)

60 Gew.-% Tri-m/p-tolylphosphit

15 Gew.-% 3-Pentennitril, 15

werden in einen mit Glas ausgekleideten Autoklaven gefüllt und 2 h auf 90°C erhitzt. Währenddessen werden 3,2 g HCN und 40 g Toluol zudosiert. Anschließend läßt man 2 h bei 90°C nachreagieren.

20 Umsatz (nach Maßanalyse der nicht umgesetzten HCN): 98,0% Ausbeute (nach Integration des Gaschromatogramms): 98,8% bzgl. HCN

25 Semikontinuierliche Hydrocyanierung von teilhydriertem C4-Schnitt mit Tri(m/p-tolyl)phosphit

In einem Glasautoklaven werden bei Raumtemperatur 20,3 g teilhydrierter C<sub>4</sub>-Schnitt (entsprechend 7,9 g (0,14 mol) 1,3-Butadien),

- 30 2,75 g einer Katalysatormischung (Zusammensetzung: 0,69 g (0,468 mmol) Tetrakis(tri-m/p-tolylphosphit)nickel(0), 1,65 g (4,68 mmol) Tri-m/p-tolylphosphit und 0,41 g 3-Pentennitril) und 40 g Toluol vorgelegt und auf 90 °C erhitzt, wobei sich ein Anfangsdruck von 4,4 bar einstellt. Über einen Zeitraum von 100 Minuten
- 35 wird eine Mischung aus 3,2 g (0,117 mol) frisch destillierter Blausäure in 40 g Toluol kontinuierlich zudosiert. Danach ist der Druck auf 3,1 bar gefallen. Anschließend lässt man zum Vervollständigen der Reaktion noch 120 Minuten bei etwa 90 °C nachreagie-Der Verlauf der Reaktion wird über Druck- und Temperatur-
- 40 messung verfolgt. Nach dem Abkühlen wird der flüssige Reaktionsaustrag analysiert.

Umsatz (nach Maßanalyse der nicht umgesetzten HCN): 97,6%

45 GC-Analytik (Säule: 30 m Stabil-Wachs, Temperaturprogramm: 5 Minuten isotherm bei 50 °C, danach Aufheizen mit einer Geschwindigkeit von 5 °C/min auf 240 °C, Gaschromatograh: Hewlett Packard

19

HP-5890) mit internem Standard (Benzonitril): 96,8 % 3-Pentennitril und 2-Methyl-3-butennitril, bezogen auf eingesetzten Cyanwasserstoff.

5 Verhältnis 3-Pentennitril: 2-Methyl-3-butennitril = 1,64:1.

Beispiel 4:

Semikontinuierliche Hydrocyanierung von teilhydriertem  $C_4$ -Schnitt unter Einsatz von Ligand A

10

15

20

Ligand A

25 Die Herstellung des eingesetzten Liganden A ist in der WO 95/14 659 und der dort zitierten Literatur beschrieben.

In einem Glasautoklaven werden bei Raumtemperatur 0,41 g (1,5 mmol) Bis(1,5-cyclooctadien)nickel(0), 0,44 g Ligand A und 30 10 g Toluol miteinander vermengt. Danach wird eine Mischung aus 20,8 g teilhydriertem  $C_4$ -Schnitt (entsprechend 8,1 g (0,15 mol) 1,3-Butadien)in 40 g Toluol zugegeben. Der Glasautoklave wird fest verschlossen und die Reaktionsmischung auf 80 °C erhitzt, wobei sich ein Anfangsdruck von 3,1 bar einstellt. Über einen Zeit-35 raum von 120 Minuten wird eine Mischung aus 4,0 g (0,15 mol) frisch destillierter Blausäure in 40 g Toluol kontinuierlich zudosiert. Danach ist der Druck auf 1,5 bar gefallen. Anschließend lässt man zum Vervollständigen der Reaktion noch 120 Minuten bei etwa 80 °C nachreagieren. Der Verlauf der Reaktion wird über 40 Druck- und Temperaturmessung verfolgt. Nach dem Abkühlen wird der flüssige Reaktionsaustrag analysiert.

Umsatz (nach Maßanalyse der nicht umgesetzten HCN): 88,7%

45 GC-Analytik (Säule: 30 m Stabil-Wachs, Temperaturprogramm: 5 Minuten isotherm bei 50 °C, danach Aufheizen mit einer Geschwindigkeit von 5 °C/min auf 240 °C, Gaschromatograph: Hewlett Packard

20

HP-5890) mit internem Standard (Benzonitril): 89,3 % 3-Pentennitril und 2-Methyl-3-butennitril, bezogen auf eingesetzten Cyanwasserstoff.

5 Verhältnis 3-Pentennitril: 2-Methyl-3-butennitril = 0,27:1.

Beispiel 5: Semikontinuierliche Hydrocyanierung von teilhydriertem C4-Schnitt unter Einsatz von Ligand B

10

20

15

Ligand B

25 Die Herstellung des Liganden B ist in der WO 95/29 153 beschrieben.

In einem Glasautoklaven werden bei Raumtemperatur 0,41 g
(1,5 mmol) Bis(1,5-cyclooctadien)nickel(0), 2,36 g (6 mmol) Li30 gand B und 10 g Toluol miteinander vermengt. Danach wird eine Mischung aus 20,8 g teilhydriertem C4-Schnitt (entsprechend 8,1 g
(0,15 mol) 1,3-Butadien) in 40 g Toluol zugegeben. Der Glasautoklave wird fest verschlossen und die Reaktionsmischung auf 80 °C erhitzt, wobei sich ein Anfangsdruck von 3,1 bar einstellt. Über
35 einen Zeitraum von 100 Minuten wird eine Mischung aus 4,0 g
(0,15 mol) frisch destillierter Blausäure in 40 g Toluol kontinuierlich zudosiert. Danach ist der Druck auf 2,1 bar gefallen. Anschließend lässt man zum Vervollständigen der Reaktion noch
140 Minuten bei etwa 80 °C nachreagieren. Der Verlauf der Reaktion wird über Druck- und Temperaturmessung verfolgt. Nach dem Abkühlen wird der flüssige Reaktionsaustrag analysiert.

Umsatz (nach Maßanalyse der nicht umgesetzten HCN): 81,3%

45 GC-Analytik (Säule: 30 m Stabil-Wachs, Temperaturprogramm: 5 Minuten isotherm bei 50 °C, danach Aufheizen mit einer Geschwindigkeit von 5 °C/min auf 240 °C, Gaschromatograph: Hewlett Packard

21

HP-5890) mit internem Standard (Benzonitril): 81,9 % 3-Pentennitril und 2-Methyl-3-butennitril, bezogen auf eingesetzten Cyanwasserstoff.

5 Verhältnis 3-Pentennitril : 2-Methyl-3-butennitril = 1,24:1.

Die Unterschiede zwischen den mittels Maßanalyse und den mittels Gaschromatographie ermittelten Umsätzen liegen im Rahmen der Messgenauigkeit der beiden Methoden.

10

15

20

25

30

35

40

45

40

### Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung von Gemischen monoolefinischer C5-Mononitrile mit nichtkonjugierter C=C- und C≡N-Bindung durch katalytische Hydrocyanierung eines 1,3-Butadien-haltiges Kohlenwasserstoffgemisches, dadurch-gekennzeichnet, daß man in dem Kohlenwasserstoffgemisch zunächst den Anteil derjenigen Komponenten, welche die katalytische Hydrocyanierung beeinträchtigen, verringert und das so erhaltene Gemisch anschließend katalytisch hydrocyaniert.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man aus dem Kohlenwasserstoffgemisch solche Komponenten teilweise oder vollständig entfernt, die bei katalytischer Hydrocyanierung Produkte ergeben, die die Aktivität des Hydrocyanierungskatalysators verringern.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die vor der Hydrocyanierung teilweise oder vollständig entfernten Komponenten ausgewählt sind unter Alkinen, 1,2-Dienen und Gemischen davon.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß man das Kohlenwasserstoffgemisch mit Wasserstoff in Gegenwart eines Hydrierungskatalysators umsetzt, der befähigt ist, Alkine und 1,2-Diene mit hoher Selektivität zu hydrieren, ohne den Gehalt an 1,3-Butadien wesentlich zu verringern.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man ein Kohlenwasserstoffgemisch mit einem 1,3-Butadiengehalt von mindestens 10 Vol.-%, bevorzugt mindestens 25 Vol.-%, insbesondere mindestens 40 Vol.-%, einsetzt.
  - 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man als 1,3-Butadien-haltiges Kohlenwasserstoffgemisch einen  $C_4$ -Schnitt aus der Erdölverarbeitung einsetzt.
  - Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man ein Kohlenwasserstoffgemisch einsetzt, das 10 bis 50 Vol.-%, bevorzugt 25 bis 47 Vol.-%
     1,3-Butadien sowie zusammen etwa 0,1 bis 5, bevorzugt 0,2 bis 2,5 Vol.-% Alkine und/oder 1,2-Diene umfaßt.

23

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Hydrocyanierung eingesetzte Katalysator zusätzlich zur Cyanwasserstoffaddition auch die Stellungs- und Doppelbindungsisomerisierung des Kohlenwasserstoffgemisches und/oder der Nitrile katalysiert.

- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß man ein Produktgemisch erhält, welches isomere Pentennitrile und Methylbutennitrile, wie 3-Pentennitril, 2-Pentennitril, 4-Pentennitril, 2-Methyl-2-butennitril, 2-Methyl-3-butennitril umfasst.
  - 10. Gemische monoolefinischer  $C_5$ -Mononitrile, erhältlich durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
- Verfahren zur selektiven Hydrierung von C<sub>4</sub>-Schnitten, dadurch gekennzeichnet, daß man ein 1,3-Butadien-haltiges Kohlenwasserstoffgemisch, das außerdem wenigstens ein Alkin und/oder 1,2-Dien umfaßt, mit Wasserstoff in Gegenwart eines Hydrierkatalysators umsetzt.
  - 12. Selektiv hydrierter C<sub>4</sub>-Schnitt, mit einem Gesamtanteil an Alkinen und 1,2-Dienen von höchsten 1000 ppm, bevorzugt höchstens 800 ppm, insbesondere höchstens 600 ppm und speziell höchstens 100 ppm.
  - Verfahren zur Herstellung von Adipodinitril, dadurch gekennzeichnet, daß man ein gemäß den Ansprüchen 1 bis 9 hergestelltes Gemisch von C5-Mononitrilen, gegebenenfalls nach weiterer Aufarbeitung oder Isomerisierung katalytisch hydrocyaniert.

35

25

5

40

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inten inal Application No PCT/EP 97/06900

| . CLASSIFIC<br>PC 6  | CO7C253/10 CO7C255/07 CO7C7/167  | C07C255/04  |  |
|--|--|---|--|
| ocording to In   | nternational Patent Classification (IPC) or to both national classification  | and IPC   |  |
| CIFLDE CE  | ARCHED   |   |  |
| PC 6   | imentation searched (classification system followed by classification sy<br>CO7C   | moon)   |  |
| Documentatio   | n searched other than minimum documentation to the extent that such o  | documents are included in the fields seam   | phed   |
| Electronic dat   | a base consulted during the international search (name of data base a  | nd, where practical, search terms used)   |  |
| C. DOCUME  | NTS CONSIDERED TO BE RELEVANT  | T   | Relevant to claim No.  |
| Category °   | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevan   | nt passages   | Melevant to claim 140.   |
| х  | GB 1 161 645 A (UNION RHEINISCHE<br>BRAUNKOHLEN KRAFTSTOFF AG) 13 Augu<br>see example 2  | st 1969   | 11,12  |
| x  | EP 0 273 900 A (LABOFINA SA) 6 Jul<br>see examples 1,2   | y 1988  | 11,12  |
| x  | FR 2 212 311 A (MONSANTO CO) 26 Ju<br>see examples   | uly 1974  | 11,12  |
| X  | US 3 900 526 A (M.M. JOHNSON ET A<br>August 1975<br>See Column 11, Line 49 - Column 1  |   | 11,12  |
|  |  | /   |  |
|  |  |   |  |
| X Fu   | rther documents are listed in the continuation of box C.   | X Patent family members are listed  | l in annex.  |
| *A* doour cons *E* earlie filing *L* doour whic citat *O* doou | ment defining the general state of the art which is not sidered to be of particular relevance or document but published on or after the international grate of the state of th | To later document published after the interpretation or priority date and not in conflict with citied to understand the principle or to invention.  "X" document of particular relevance; the cannot be considered novel or cannot have an inventive step when the countent of particular relevance; the cannot be considered to involve an document is combined with one or ments, such combination being down in the art. | heory underlying the claimed invention of be considered to booument is taken above claimed invention inventive step when the more other such docutions to a person skilled |
| "P" document   | ment published prior to the international filing date but<br>r than the priority date claimed  | "&" document member of the same pate  |  |
| Date of the  | ne actual completion of the international search 5 May 1998  | Date of mailing of the international s  |  |
| Name an  | id mailing address of the ISA<br>European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NI - 2280 HV Riiswiik   | Authorized officer  |  |
|  | Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.<br>Fax: (+31-70) 340-3016   | Van Amsterdam,  | L  |

1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

thter anal Application No
PCT/EP 97/06900

|            | •  | PCT/EP 97/06900 |                         |
|------------|--|-----------------|-------------------------|
| Continue   | tion) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT  |                 | Relevant to claim No.   |
| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                     |                 | Nama Amir to ottomicial |
| X          | WO 96 22968 A (E.I. DU PONT DE NEMOURS AND CO) 1 August 1996 cited in the application see examples 1-5 |                 | 10                      |
| à .        | see examples 1-5<br>See table 1-2  |                 | 1,13                    |
| A          | EP 0 650 959 A (RHONE-POULENC CHIMIE) 3  |                 | 13                      |
|            | see examples   |                 | •                       |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 | ·                       |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |
|            |  |                 |                         |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Ints .onal Application No PCT/EP 97/06900

| Into                                 | Information on patent family members |   |  |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---|--|
| Patent document                      | Publication                          | Patent family<br>member(s)  | Publication date   |
| cited in search report  GB 1161645 A | 13-08-69                             | BE 715886 A DE 1643124 A DE 1668785 A FR 1565291 A NL 6807476 A US 3541178 A  | 16-10-68<br>16-09-71<br>23-12-71<br>25-04-69<br>03-12-68<br>17-11-70                                     |
| EP 273900 A                          | 06-07-88                             | GB 2199589 A FI 875775 A,B JP 2560057 B JP 63190835 A US 4831200 A  | 13-07-88<br>01-07-88<br>04-12-96<br>08-08-88<br>16-05-89   |
| FR 2212311 A                         | 26-07-74                             | US 3842137 A AU 6409574 A BE 809325 A DE 2400034 A GB 1424288 A JP 49095903 A   | 15-10-74<br>03-07-75<br>02-07-74<br>04-07-74<br>11-02-76<br>11-09-74                                     |
| US 3900526 A                         | 19-08-75                             | US 4020119 A<br>US 3787511 A  | 26-04-77<br>22-01-74   |
| WO 9622968 A                         | 01-08-96                             | CA 2208040 A<br>EP 0804412 A<br>US 5696280 A  | 01-08-96<br>05-11-97<br>09-12-97   |
| EP 650959 A                          | 03-05-95                             | FR 2711987 A CA 2134940 A CN 1108643 A DE 69405344 D DE 69405344 T JP 2623448 B JP 7188144 A NO 944153 A US 5488129 A | 12-05-95<br>04-05-95<br>20-09-95<br>09-10-97<br>26-02-98<br>25-06-97<br>25-07-95<br>04-05-95<br>30-01-96 |

### INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

PCT/EP 97/06900

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 6 C07C253/10 C07C255/07 C07C255/04 C07C7/167 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) CO7C IPK 6 Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN Betr. Anspruch Nr. Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile Kategorie® 11,12 GB 1 161 645 A (UNION RHEINISCHE X BRAUNKOHLEN KRAFTSTOFF AG) 13. August 1969 siehe Beispiel 2 11,12 EP 0 273 900 A (LABOFINA SA) 6.Juli 1988 Χ siehe Beispiele 1,2 11,12 FR 2 212 311 A (MONSANTO CO) 26.Juli 1974 X siehe Beispiele 11,12 US 3 900 526 A (M.M. JOHNSON ET AL) X 19.August 1975 siehe Spalte 11, Zeile 49 - Spalte 12, Zeile 20 -/--Siehe Anhang Patentfamilie X Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist ausgefunnt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,
eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach
dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist ausgeführt) "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentlamilie ist Absendedatum des internationalen Recherchenberichts Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 2 5. 05. 98 5.Mai 1998 Bevollmächtigter Bediensteter Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo ni, Fax: (+31-70) 340-3016 Van Amsterdam, L

1

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. iales Aktenzeichen
PCT/EP 97/06900

|  | ·  | PCT/EP 97/0   | 6900            |  |  |
|--|--|---------------|-----------------|--|--|
| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN  Betr. Anspruch Nr. |  |               |                 |  |  |
| Kategorie  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommend                                   | den Teile Bet | r, Anspruch Nr. |  |  |
| X  | WO 96 22968 A (E.I. DU PONT DE NEMOURS AND CO) 1.August 1996 in der Anmeldung erwähnt siehe Beispiele 1-5 siehe Tabellen 1-2 |               | 1,13            |  |  |
| A  | siehe Tabellen 1-2   | <u> </u>      |                 |  |  |
| A  | EP 0 650 959 A (RHONE-POULENC CHIMIE) 3.Mai 1995 siehe Beispiele   |               | 13              |  |  |
| ÷  |  |               |                 |  |  |
|  |  |               |                 |  |  |
|  |  |               |                 |  |  |
|  |  |               |                 |  |  |
|  | ч.   |               |                 |  |  |
|  |  |               |                 |  |  |
|  |  |               |                 |  |  |
|  |  |               |                 |  |  |
|  |  |               |                 |  |  |
|  |  |               |                 |  |  |
|  |  |               |                 |  |  |
| į  |  |               |                 |  |  |
|  | ·  |               |                 |  |  |
|  |  |               |                 |  |  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

PCT/EP 97/06900

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie   | Veröffentlichung   |
|--|-------------------------------|---|--|
| GB 1161645 A                                       | 13-08-69                      | BE 715886 A<br>DE 1643124 A<br>DE 1668785 A<br>FR 1565291 A<br>NL 6807476 A<br>US 3541178 A                           | 16-10-68<br>16-09-71<br>23-12-71<br>25-04-69<br>03-12-68<br>17-11-70                                     |
| EP 273900 A  | 06-07-88                      | GB 2199589 A<br>FI 875775 A,B<br>JP 2560057 B<br>JP 63190835 A<br>US 4831200 A  | 13-07-88<br>01-07-88<br>04-12-96<br>08-08-88<br>16-05-89   |
| FR 2212311 A                                       | 26-07-74                      | US 3842137 A AU 6409574 A BE 809325 A DE 2400034 A GB 1424288 A JP 49095903 A   | 15-10-74<br>03-07-75<br>02-07-74<br>04-07-74<br>11-02-76<br>11-09-74                                     |
| US 3900526 A                                       | 19-08-75                      | US 4020119 A<br>US 3787511 A  | 26-04-77<br>22-01-74   |
| WO 9622968 A                                       | 01-08-96                      | CA 2208040 A<br>EP 0804412 A<br>US 5696280 A  | 01-08-96<br>05-11-97<br>09-12-97   |
| EP 650959 A  | 03-05-95                      | FR 2711987 A CA 2134940 A CN 1108643 A DE 69405344 D DE 69405344 T JP 2623448 B JP 7188144 A NO 944153 A US 5488129 A | 12-05-95<br>04-05-95<br>20-09-95<br>09-10-97<br>26-02-98<br>25-06-97<br>25-07-95<br>04-05-95<br>30-01-96 |

THIS PAGE BLANK (USPTO)